

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАТРИЦЫ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ ТРАНЗАКЦИОПОТОКА НА ПРИМЕРЕ ЕМУП «ТРАМВАЙНО-ТРОЛЛЕЙБУСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ»

Дружинина Н.Г., Горбачева А.И.

ФГАОУ ВПО Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, Екатеринбург, Россия (620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19), e-mail: dng@ettu.ru, gorbacheva.alena@mail.ru

Аннотация: Настоящая статья посвящена исследованию пассажиропотока транспортной сети городского электротранспорта г. Екатеринбурга на примере ЕМУП «Трамвайно-троллейбусное управление». Разработано программное приложение для анализа транзакциопотока трамвайно-троллейбусной сети в виде матрицы корреспонденций. Приложение с помощью SQL запросов формирует отчет в виде таблицы, результаты которой позволяют построить графы перемещения пассажиров между административными районами и внутри их. Графическое представление результатов анализа транзакциопотока визуализирует аналитическую обработку статистических данных об использовании городского электротранспорта в различных районах г. Екатеринбурга.

Ключевые слова: матрица корреспонденций, городской электротранспорт, пассажиропоток, транзакции, транзакциопоток, электронная карта оплаты проезда.

MODELING OF MATRIX OF CORRESPONDENCES OF TRANSACTIVATOR ON EXAMPLE OF THE YEKATERINBURG MUNICIPAL UNITARY ENTERPRISE "TRAM AND TROLLEYBUS MANAGEMENT"

Druzhinina N.G., Gorbacheva A.I.

Ural Federal University the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia, (Mira St. 19, Yekaterinburg, 620002, Russia), e-mail: dng@ettu.ru, gorbacheva.alena@mail.ru

Abstract: This article is dedicated to research of urban passenger of a transport network electric transport Yekaterinburg on the example of municipal unitary enterprise "Tram and trolleybus management". Programmatic application is worked out for the analysis of transactivator of tram-car-trolleybus network as a matrix of correspondences. Appendix a report forms the c help of SQL of queries as a table the results of that allow to build the columns of moving of passengers between administrative districts and into them. Graphic presentation of results of analysis of transactivator visualizes the analytical processing of statistical data about the use of municipal electric transport in different districts Yekaterinburg.

Key words: matrix of correspondences, municipal electric transport, urban passenger, transaction, transactivator, electronic card fare payment.

Основная функция любого транспортного предприятия – это управление транспортными потоками с учетом потребностей пассажиров. В качестве критериев оценки эффективности транспортного потока принимают безопасность движения, оптимальное использование вместимости подвижного состава и снижение затрат на перевозку. Определяющими факторами формирования маршрутной сети являются: направления маршрутов, распределение сети по территории и мощность пассажирских потоков. Анализ

перевозочного процесса и оценка эффективности работы транспортного предприятия существенно зависит от оценки распределения пассажиропотока на городском транспорте в условиях неопределенности входной информации. Обычно обследования пассажиропотока проводятся визуальным способом, посредством натурного (глазомерного) определения состава, величины, направленности транспортных потоков и величины заполнения подвижного состава [1–4]. Разрабатываются математические модели входного пассажиропотока в наиболее напряженные периоды работы метрополитена на основе автоматизированной системы контроля оплаты проезда [5].

Реализован статистический анализ данных по электронным картам оплат проезда (транзакциям) и координатам навигационной системы движения транспортных средств [6, 7]. Пассажиропоток рассматривается в виде транзакциопотока, как множество транзакций, по которым можно определить перемещение пассажиров, оплачивающих проезд по электронной карте. При этом последовательность оплат, сделанных пассажиром в точках пересадок, склеиваются в маршрут пассажира. Этот маршрут включает координаты и время старта, координаты и время финиша поездки пассажира. Ранее разработан алгоритм, который позволяет определить неизвестные данные о финишной точке поездки пассажира. Дискретность информации о маршруте пассажира настраивается программным способом: детально – по отдельным остановкам, укрупненно – по административным районам. Транзакциопоток сгруппирован в виде пятимерного OLAP-куба (№ района отправления, время отправления, № района прибытия, время прибытия, № маршрута). Размеры куба $20 \times 21 \times 20 \times 21 \times 31$. Результаты анализа получены с помощью базовых для OLAP-куба операций проекции и сечения. Это позволило определить направленность движения пассажиропотока в течение дня по районам компактного проживания граждан и загруженность маршрутов, проходящих через несколько районов города. Анализ проведен для реального пассажиропотока в рабочий и выходной день. Новизна заключается в рассмотрении нового подхода расчета и анализа направленности пассажиропотока в маршрутизированном транспорте на основе данных электронной системы оплаты проезда. Оценка распределения пассажиропотоков между административными районами города проведена в условиях неполноты исходных данных, поскольку рассматривается только городской электротранспорт. Результаты такого анализа актуальны и позволят перераспределить подвижной состав между маршрутами, оптимизировать маршруты движения, скорректировать расписание движения электротранспорта.

Количество передвижений из одного района в другой называется межрайонной корреспонденцией. Это могут быть различные перемещения пассажиров или транспорта между любыми парами корреспондирующих пунктов транспортной сети с различными целями. Совокупность всех корреспонденций образует матрицу корреспонденций.

В ходе работы были проанализированы данные о транзакциопотоке транспортной сети за один рабочий день. Для анализа понадобилась подробная информация о транспортной сети г. Екатеринбурга (рис. 1): номер КП, название остановки, направление, вид транспорта.

ID	NAME	DIRECTION	IN_LATE
962 689	0		2
962 260	Октябрьское депо		2
1 168	1-й км	на Пионерскую	1
1 169	1-й км	на Техучилище	1
962 097	1-км	на Ж.Д. Вокзал, Пионерская	2
962 064	1-км	на Техучилище	2
3 497	40 лет ВЛКСМ		1
1 170	40 лет Октября	на Автомагазин	1
962 946	40 лет Октября	на Кинотеатр Темп	2
1 171	40 лет Октября	на Машиностроителей	1
3 498	7 Ключей		1
963 059	АТС		5
961 943	Авиационная	на Саввы Белых	2
962 910	Авиационная	на Щорса	2
962 435	Автовокзал	на Вокзал	2
962 386	Автовокзал	на Серова	2
4 007	Автовокзал	на Фрунзе	1
4 008	Автовокзал	на Южную	1
3 316	Автомагистральная	на Пехотинцев	1

Рис. 1. Информация о трамвайно-троллейбусной сети г. Екатеринбург

Для определения количества поездок между районами сформированы SQL-запросы, результаты которых с помощью PHP-скрипта выводятся в веб-приложение (рис. 2). Интерфейс распределения поездок транспортной сети между и внутри районов представлен на рис. 3. По данным таблицы из веб-приложения составлена матрица корреспонденций транзакциопотока (табл.), где цифрами от 1-20 обозначены районы, а на их пересечении количество поездок. Результаты моделирования матрицы корреспонденций представлены в виде графа (рис. 4). Стрелками указаны направления поездок, цветом обозначено количество поездок в направлении конечного района (1–50 – зеленый, 50–500 – желтый, 500–1000 – оранжевый, 1000–1500 – красный, 1500 и больше – черный цвет стрелки). Количество поездок внутри района также показано цветом узла с № района: 50–100 голубой, 100–500 – желтый, 500–1000 – оранжевый, 10 000 и больше – бордовый цвет.

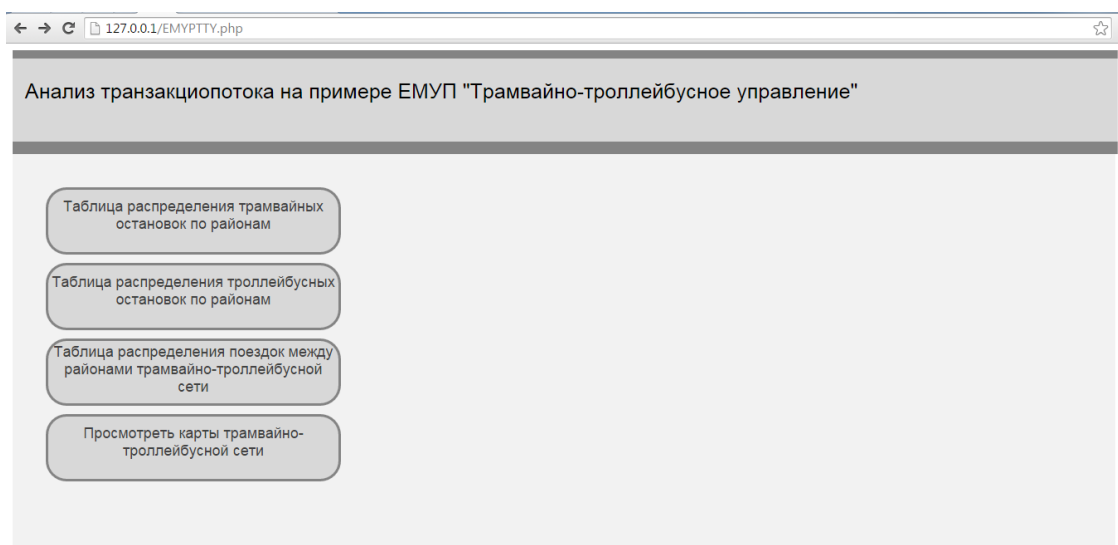


Рис. 2. Интерфейс веб-приложения для вывода данных результата SQL запроса

← → ↻ 127.0.0.1/table_of_changes.php

Таблица распределения поездок между районами трамвайно-троллейбусной сети

[Вернуться на главную страницу](#)

Район отправления	Район прибытия	Количество пассажиров
1	2	883
2	1	517
2	3	106
2	5	21
3	1	1
3	2	144
3	5	1452
3	14	24
3	18	1548
3	19	1467
4	5	2095
5	3	1126
5	4	747
Ожидан	6	4367

Рис. 3. Таблица распределения поездок транспортной сети между и внутри районов

Таблица 1. Матрица корреспонденций городского электротранспорта г. Екатеринбурга

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	415	883																		
2	517	209	106		21															
3	1	144	4789		1542									24				1548	1467	
4					2095															
5			1126	747	16333	4367		756				4530	2095	3495	29		1242	16		
6			1784		4871	5								828		402				
7						25		164								1608	193			
8							1458	28310		7266	40	71					2047			
9										4155										
10							2228	2096	2456	3201	1350									
11					26					4	63	171								
12			19		3999					3574	2085	8181	1385							
13												5594	241							
14			1178		3463	983								598	2834	1166				
15														4918						
16					2508	707										5451				
17							3030							811			1397			
18			1230															857		
19			1666																505	808
20																			489	1066

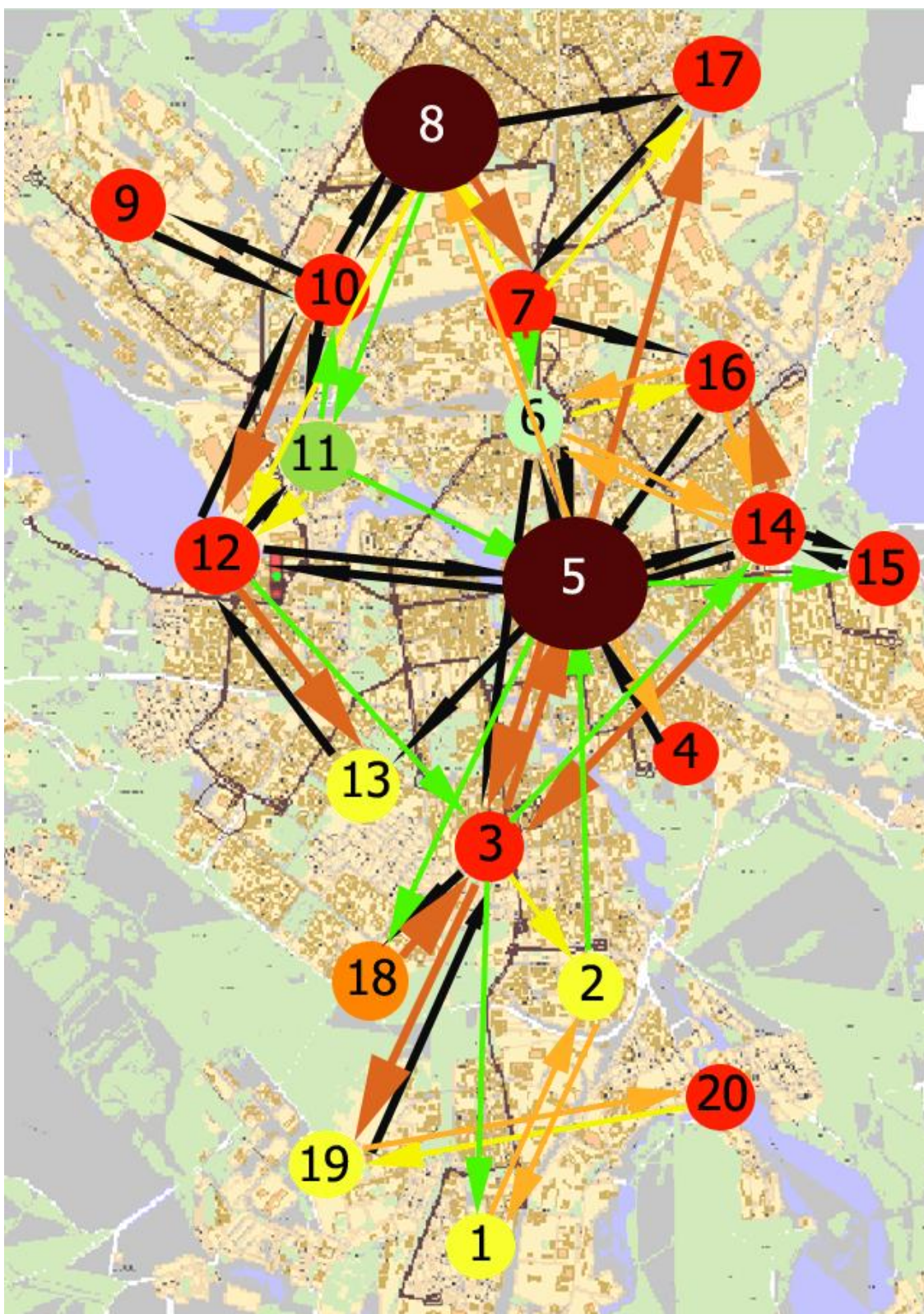


Рис. 4. Матрица корреспонденций в виде графа для г. Екатеринбурга

Выводы. Реализован статистический анализ данных на основе оплаты проезда по электронным картам (транзакциям) и координатам навигационной системы движения транспортных средств. Пассажиропоток представлен в виде транзакциопотока, как множество транзакций, по которым можно определить маршруты пассажиров, оплачивающих проезд по электронной карте. Построена матрица корреспонденций.

Список литературы

1. Петрович М.Л. [и др.]. Ретроспективный анализ динамики и структуры пассажиропотоков на границе ядра Петербургской городской агломерации // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XIX Междунар. (двадцать второй Екатеринбургской) науч.-практ. конф. (16–17 июня 2013 г.) / науч. ред. С.А. Ваксман. Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2013. С. 57–64.
2. Булычева Н.В. [и др.]. Разработка методов математического моделирования для формирования вариантов развития транспортной системы крупного города с учетом экономических ограничений // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XIX Междунар. (двадцать второй Екатеринбургской) науч.-практ. конф. (16–17 июня 2013 г.) / науч. ред. С.А. Ваксман. Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2013. С. 78–82.
3. Корягин М.Е. Корректировка маршрутной сети общественного транспорта города Кемерово // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XIX Междунар. (двадцать второй Екатеринбургской) науч.-практ. конф. (16–17 июня 2013 г.) / науч. ред. С.А. Ваксман. Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2013. С. 193–197.
4. Глик Ф.Г., Прищепов В.В. Развитие маршрутной системы общественного пассажирского транспорта Минска // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XIX Междунар. (двадцать второй Екатеринбургской) науч.-практ. конф. (16–17 июня 2013 г.) / науч. ред. С.А. Ваксман. Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2013. С. 346–356.
5. Герасименко П.В. Математическое моделирование процесса формирования входного пассажиропотока на станциях метрополитены // Математическое моделирование в образовании, науке и производстве: тезисы VI Международной конференции. Тирасполь. Изд-во Преднестр. ун-та. 2009. С.210–211.
6. Дружинина Н. Г., Трофимова О. Г., Трофимов С.П. Оценка распределения межрайонного пассажиропотока городского электротранспорта // Программные продукты и системы. 2015. № 2 (110). С. 147–153.
7. Дружинина Н. Г., Трофимов С.П., Трофимова О.Г. Формирование транзакционопотоков на городском электротранспорте. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014661819. М.: ФСИС., 2014.

References

1. Petrovich, M.L., (eds), Retrospective analysis of the dynamics and structure of passenger flows at the border of the kernel of the Petersburg metropolitan area // *Socio-economic problems of development and operation of transport systems of cities and their zones of influence: proceedings of the XIX International (twenty-second Yekaterinburg) researcher, scient. conf. (16-17 June, 2013) / researcher. Ed. S.A. Waksman.* Publishing house AMB: Yekaterinburg, pp. 57–64, 2013. (in Russian).
2. Bulyicheva, N.V., (eds), Development of methods of mathematical modeling for the formation of variants of development of transport system of a large city taking into account economic constraints // *Socio-economic problems of development and operation of transport systems of cities and their zones of influence: proceedings of the XIX International (twenty-second Yekaterinburg) researcher, scient. conf. (16-17 June, 2013) / researcher. Ed. S.A. Waksman.* Publishing house AMB: Yekaterinburg, pp. 78–82, 2013. (in Russian).

3. Koryagin, M.E., Adjustment of the route network public transport in Kemerovo // *Socio-economic problems of development and operation of transport systems of cities and their zones of influence: proceedings of the XIX International (twenty-second Yekaterinburg) researcher, scient. conf. (16-17 June, 2013) / researcher. Ed. S.A. Waksman.* Publishing house AMB: Yekaterinburg, pp. 193–197, 2013. (in Russian).
4. Glik, F.G. & Prischepov, V.V., The development of the route system of public passenger transport in Minsk // *Socio-economic problems of development and operation of transport systems of cities and their zones of influence: proceedings of the XIX International (twenty-second Yekaterinburg) researcher, scient. conf. (16-17 June, 2013) / researcher. Ed. S.A. Waksman.* Publishing house AMB: Yekaterinburg, pp. 346–356, 2013. (in Russian).
5. Gerasimenko, P.V., Mathematical modeling of process of the entrance of the passenger traffic on stations of metro systems // *Mathematical modeling in education, science and industry: proceedings of the VI International conference.* Publishing house of Pridnestrove University: Tiraspol, pp. 210–211, 2009. (in Pridnestrove)
6. Druzhinina, N. G., Trofimova, O.G. & Trofimov, S. P., Evaluation of the distribution of interdistrict passenger traffic urban electric transport // *Software & Systems*, **2(110)**, pp. 147–153, 2015. (in Russian).
7. Druzhinina, N. G., Trofimov, S. P. & Trofimova, O. G., The formation of transaction traffic at the urban electric transport. *The certificate of state registration of computer programs*, 2014661819. The Federal service for intellectual property: Moscow, 2014. (in Russian).